

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-080202

(43)Date of publication of application : 19.03.2002

(51)Int.Cl. C01B 3/04  
H01M 8/04  
H01M 8/06

(21)Application number : 2000-350771 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 17.11.2000 (72)Inventor : NAKANISHI HARUMICHI  
MATSUMOTO SHINICHI

(30)Priority

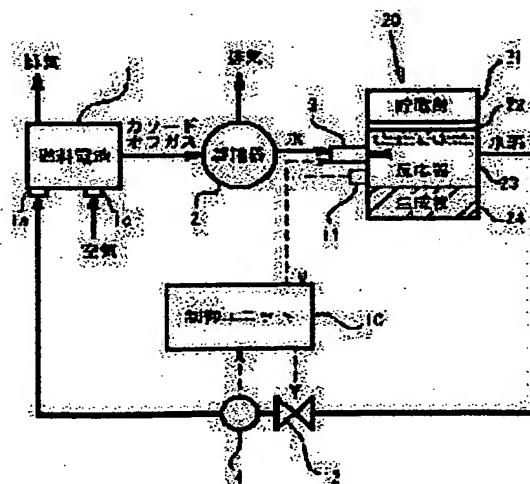
Priority number : 2000200798 Priority date : 03.07.2000 Priority country : JP

## (54) FUEL GAS GENERATING SYSTEM FOR FUEL CELL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To miniaturize a fuel gas generating system for a fuel cell by using a metal hydride which is called chemical hydride.

SOLUTION: In generating hydrogen through hydrolysis of a metal hydride, a pulverized metal hydride is supplied into a reactor 23 while water is injected from an injector 3. Water generated in a fuel cell 1 is utilized in water injection. With this arrangement, a water tank for hydrolysis can be omitted or miniaturized, thus enabling miniaturization of an overall system. Also, water heat in the fuel cell 1 can be utilized in the reactor for thermal decomposition of metal hydride, and heat generated at hydrolysis can be utilized for thermal



BEST AVAILABLE COPY

decomposition of another metal hydride.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision  
of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-80202

(P2002-80202A)

(43) 公開日 平成14年3月19日 (2002.3.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 0 1 B 3/04		C 0 1 B 3/04	Z 5 H 0 2 7
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	J
			N
			G
			B
8/06		8/06	

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-350771(P2000-350771)

(22) 出願日 平成12年11月17日 (2000.11.17)

(31) 優先権主張番号 特願2000-200798(P2000-200798)

(32) 優先日 平成12年7月3日 (2000.7.3)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 中西 治通

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 松本 信一

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

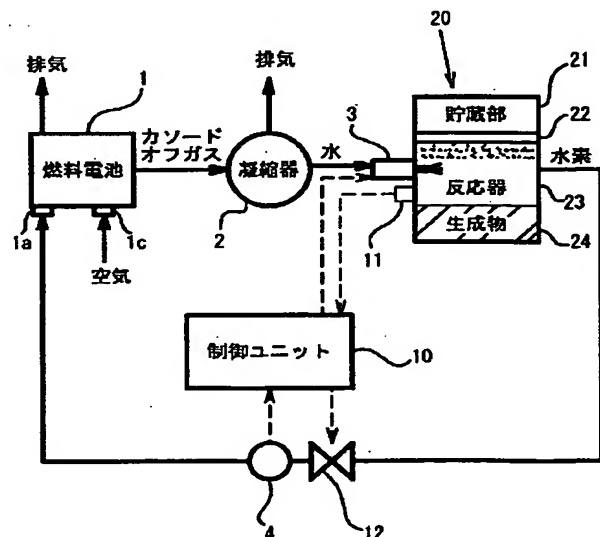
Fターム(参考) 5H027 AA02 BA14

(54) 【発明の名称】 燃料電池用燃料ガスの生成システム

(57) 【要約】

【課題】 ケミカルハイドライドと呼ばれる金属水素化物を用いて燃料電池用の燃料ガス生成システムの小型化を図る。

【解決手段】 反応器23内に金属水素化物を微細化して供給しつつ、噴射機3から水を噴射し、金属水素化物を加水分解して水素を生成する。供給される水は燃料電池1の生成水を用いる。こうすることにより、加水分解用の水タンクを省略または小型化でき、システム全体の小型化を図ることができる。燃料電池1の廃熱を反応器に供給して金属水素化物を熱分解する構成、加水分解時に発生した熱を用いて別の金属水素化物を熱分解する構成などを採ることもできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムであって、

金属水素化物を加水分解または熱分解して水素を生成させる反応部と、

前記反応部での反応態様に応じて、前記燃料電池で生成された水または熱の少なくとも一方を該反応部に供給する供給機構とを備える燃料ガス生成システム。

【請求項2】 請求項1記載の燃料ガス生成システムであって、

前記反応部で行われる反応は、加水分解反応であり、

前記供給機構は、

前記燃料電池のカソードオフガスから水分を分離する気水分離機構と、

該分離された水を前記反応部に供給する給水機構とを備えるユニットである燃料ガス生成システム。

【請求項3】 請求項2記載の燃料ガス生成システムであって、

前記気水分離機構は、

所定量の水を蓄える貯水槽と、

該貯水槽内において水中に前記カソードオフガスを供給するガス供給機構とを備える燃料ガス生成システム。

【請求項4】 請求項3記載の燃料ガス生成システムであって、

前記ガス供給機構の開口部を上回る水位を保持するよう前記貯水槽に水を補充する水位保持手段を備える燃料ガス生成システム。

【請求項5】 請求項1記載の燃料ガス生成システムであって、

前記反応部で行われる反応は、熱分解反応であり、

前記供給機構は、前記燃料電池と反応部との間を熱の授受可能に所定の熱媒体を流通させる熱媒体流通機構である燃料ガス生成システム。

【請求項6】 前記金属水素化物に通電する通電手段を備える請求項1記載の燃料ガス生成システム。

【請求項7】 請求項1記載の燃料ガス生成システムであって、

前記反応部では、加水分解が行われ、

該反応部で生じた熱を利用して水蒸気を生成する水蒸気生成機構を備える燃料ガス生成システム。

【請求項8】 請求項1記載の燃料ガス生成システムであって、

前記燃料電池を冷却した後の冷媒を用いて前記反応部を冷却する冷却機構を備える燃料ガス生成システム。

【請求項9】 請求項1記載の燃料ガス生成システムであって、

前記反応部には、触媒が担持されている燃料ガス生成システム。

【請求項10】 請求項9記載の燃料ガス生成システム

であって、

前記反応部は、加水分解を促進する触媒を担持したハニカムモノリスを備え、

該ハニカムモノリスの空孔が、前記金属水素化物と水との混合液の流路となる燃料ガス生成システム。

【請求項11】 請求項9記載の燃料ガス生成システムであって、

前記触媒は、チタニア系またはルテニウム系の触媒である燃料ガス生成システム。

10 【請求項12】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムであって、

第1の金属水素化物を加水分解する発熱反応により水素を生成させる発熱反応部と、

第2の金属水素化物を熱分解して水素を生成させる吸熱反応部と、

該発熱反応部で生じた熱を該吸熱反応部に供給する熱供給機構とを備える燃料ガス生成システム。

【請求項13】 請求項12記載の燃料ガス生成システムであって、

20 前記熱供給機構は、前記吸熱反応部と前記発熱反応部とに共通する単一の収納容器である燃料ガス生成システム。

【請求項14】 前記発熱反応部に前記燃料電池で生成された水を供給する給水機構を備える請求項12記載の燃料ガス生成システム。

【請求項15】 前記金属水素化物に通電する通電手段を備える請求項12記載の燃料ガス生成システム。

【請求項16】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムであって、

金属水素化物を加水分解または熱分解して水素を生成させる反応部と、

該反応部で生成されたガスから、少なくとも金属イオンを除去する金属イオン除去機構とを備える燃料ガス生成システム。

【請求項17】 請求項16記載の燃料ガス生成システムであって、

40 前記金属イオン除去機構は、水素を選択的に透過する水素分離膜である燃料ガス生成システム。

【請求項18】 請求項1～請求項17いずれか記載の燃料ガス生成システムであって、

前記分解反応によって生成された生成物を蓄積する蓄積部と、

該蓄積部に水素を供給し、該生成物を金属水素化物に還元する還元機構とを備える燃料ガス生成システム。

【請求項19】 請求項1～請求項18いずれか記載の燃料ガス生成システムであって、

50 前記金属水素化物は、 $\text{NaBH}_4$ または $\text{NaAlH}_4$ である燃料ガス生成システム。

【請求項 20】 移動体に搭載されたことを特徴とする請求項 1～請求項 19 いずれか記載の燃料ガス生成システム。

【請求項 21】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成方法であって、

金属水素化物に、前記燃料電池で生成された水または熱の少なくとも一方を供給することにより、該金属水素化物を加水分解または熱分解して水素を生成する燃料ガス生成方法。

【請求項 22】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成方法であって、(a) 第 1 の金属水素化物を加水分解して水素を生成する工程と、(b) 前記工程 (a) により発生した熱を第 2 の金属水素化物に供給し、該第 2 の金属水素化物を熱分解して水素を生成させる工程とを備える燃料ガス生成方法。

【請求項 23】 金属水素化物を用いて燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成方法であって、

金属水素化物を加水分解または熱分解して生成されたガスから、少なくとも金属イオンを除去する工程を備える燃料ガス生成方法。

【請求項 24】 金属水素化物の加水分解反応に供される反応器であって、

前記金属水素化物と水との混合液が通過する流路と、該流路に担持され、加水分解を促進する触媒とを備える反応器。

【請求項 25】 請求項 24 記載の反応器であって、該流路は、ハニカムモノリスの空孔によって形成される反応器。

【請求項 26】 金属水素化物を加水分解する反応器を備える燃料ガス生成システムに用いられる原料カセットであって、前記燃料ガス生成システムにおいて、前記反応器に連通した配管に接続される接続口と、前記金属水素化物を貯蔵する第 1 貯蔵部と、前記加水分解に供される水を貯蔵する第 2 貯蔵部と、前記金属水素化物と水とを混合して前記接続口から流出させる配管構造と、少なくとも前記第 1 貯蔵部、第 2 貯蔵部、および配管構造を内部に収納する収納ケースとを備える原料カセット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、金属水素化物を加水分解または熱分解して、燃料電池用の水素リッチな燃料ガスを生成する技術に関する。

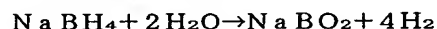
【0002】

【従来の技術】 水素と酸素の電気化学反応により起電力

を得る燃料電池が知られている。燃料電池を運転するためのシステム構成には、予め蓄積された水素ガスをアノード（水素極）に供給するタイプと、所定の原料から化学反応によって生成された水素を供給するタイプとがある。後者の例として、金属水素化物、いわゆるケミカルハイドライドを用いた構成が知られている。

【0003】ケミカルハイドライドとは、アルカリ金属または銻金属と水素の化合物であり、加水分解または熱分解して水素を生成する性質を有する物質である。エネルギー密度が非常に高い物質として知られている。昨今の研究により、ケミカルハイドライドとして、 $\text{NaH}$ 、 $\text{NaBH}_4$ 、 $\text{NaAlH}_4$ 、 $\text{LiAlH}_4$ 、 $\text{LiBH}_4$ 、 $\text{LiH}$ 、 $\text{CaH}_2$ 、 $\text{AlH}_3$ 、 $\text{MgH}_2$ などの金属水素化物が知られている。

【0004】例えば、 $\text{NaBH}_4$ は、次式により加水分解して水素および金属含有生成物  $\text{NaBO}_2$  を生成することが知られている。



【0005】金属水素化物を用いた水素発生装置として、例えば、特開昭 54-127891 号記載の装置が挙げられる。これは、金属水素化物を収容した容器内に設けられた水供給管から水を供給することにより、金属水素化物を加水分解し、水素を生成する装置である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 金属水素化物を加水分解するシステムでは、供給される水を別途蓄積しておく水タンクが必要であり、システムが大型化していた。金属水素化物を熱分解するシステムでは、加熱にエネルギーが消費されるため、エネルギー効率が低かった。近年では、燃料電池を車両その他の移動体に搭載することが検討されている。移動体への搭載時には、システムの小型化、エネルギー効率の向上に対する要求が特に厳しい。

【0007】金属水素化物の加水分解では、金属含有生成物が金属水素化物を被覆することにより、約 50% が分解された時点で、反応が停止してしまう場合がある。水素を効率的に生成するため、反応率の向上が望まれていた。

【0008】金属水素化物の分解によって生成された水素ガスは、不純物の存在により、そのままでは燃料電池への供給に適さない場合があることが確認された。

【0009】金属水素化物は水素生成とともに消費される。金属水素化物を用いた燃料ガス生成システムの実用性を向上するためには、金属水素化物を簡便に補充する方法を確立する必要があった。

【0010】本発明は、ケミカルハイドライドを利用した燃料電池用の燃料ガス生成システムの小型化および高効率化を図ることを目的とする。また、生成されたガス中の不純物による燃料電池への悪影響を回避することを目的とする。更に、金属水素化物の簡易な補充を実現することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記課題の少なくとも一部を解決するために、本発明では、燃料電池に供給される水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムにおける第1の構成として、金属水素化物を加水分解または熱分解して水素を生成させる反応部と、前記反応部での反応態様に応じて、前記燃料電池で生成された水または熱の少なくとも一方を該反応部に供給する供給機構とを備えた。

【0012】金属水素化物は、 $\text{NaBH}_4$ または $\text{NaAlH}_4$ など、先に列挙した物質を含め加水分解または熱分解して水素を生成する種々の物質を用いることができる。かかる構成によれば、燃料電池で生成された生成水または熱をそれぞれ分解反応に供することができる。反応部で加水分解が行われるシステムでは生成水が供給され、反応部で熱分解が行われるシステムでは熱が供給される。このように燃料電池で生成された水または熱を用いることにより、加水分解用の水タンク、熱分解用のエネルギー源を省略または十分な小型化を図ることができ、システム全体が小型化できる。

【0013】より具体的な態様として、反応部で行われる反応が加水分解反応である場合には、供給機構は、例えば、前記燃料電池のカソードオフガスから水分を分離する気水分離機構と、該分離された水を前記反応部に供給する給水機構とを備える構成とすることができる。燃料電池では、カソードオフガス中に生成水が水蒸気の形で含まれるから、気水分離機構で水を分離して供給することができる。カソードオフガスのまま供給した場合、カソードオフガス中に残留している酸素によって金属水素化物が水と金属含有生成物に酸化される可能性がある。カソードオフガスから水のみを分離することにより、加水分解による水素生成を効率的かつ安定的に行うことができる。

【0014】気水分離機構としては、凝縮器や多孔質体で形成された分子ふるいなどを適用できる。また、所定量の水を蓄える貯水槽を設け、水中にカソードオフガスを供給する機構を用いるものとしてもよい。酸素その他の気体は、気泡となって容易に分離される。この機構においては、カソードオフガスの供給機構の開口部を上回る水位を保持するよう貯水槽に水を補充する水位保持手段を併せて備えることがより望ましい。水位保持手段は、例えば、水位センサによって貯水槽の水位を検出し、開口部を下回る可能性がある場合に、水を補充する構成を採ることができる。

【0015】別の態様として、前記反応部で行われる反応は、熱分解反応である場合には、供給機構は、前記燃料電池と反応部との間を熱の授受可能に所定の熱媒体を流通させる熱媒体流通機構とすることができる。燃料電池と反応部を近接して配置し、熱媒体を介さずに熱を伝達する構成を採ってもよい。熱媒体を利用した構成で

は、反応部と燃料電池の配置の自由度が高くなる利点がある。熱媒体としては、例えば、燃料電池を冷却する冷却水を利用できる。金属水素化物が熱分解する温度に応じて、熱媒体および熱分解用の触媒を選択する必要があることは言うまでもない。例えば、冷却水を熱媒体として利用する場合、加熱の上限温度は摂氏100度であるから、この範囲で熱分解可能な金属水素化物および触媒の組み合わせを選択する必要がある。

【0016】第1の構成においては、金属水素化物に通電する通電手段を備えてもよい。通電時の内部抵抗により金属水素化物が発熱するため、ヒータ等の加熱手段に比較して熱分解時のエネルギー効率を向上することができる。金属水素化物に印加される電圧を制御することにより、発熱量ひいては発生する水素量を制御しやすい利点もある。通電手段は、運転初期の燃料電池の暖機が不十分な状態での熱分解に利用してもよいし、燃料電池から供給される生成水、熱の変動を補償する加熱手段として利用してもよい。

【0017】第1の構成において、反応部で加水分解を行う場合には、反応で生じた熱を利用して水蒸気を生成することが望ましい。反応部を冷却しつつ、その熱を有効活用することができ、エネルギー効率を向上できる。生成された水蒸気は、例えば、燃料電池の加湿に利用することができる。反応部にこの水蒸気を供給し、その拡散性を利用して反応率の向上を図ることもできる。

【0018】加水分解で生じた熱の有効活用を図るか否かに関わらず、反応部には、過熱を回避するための冷却機構を設ける必要がある。かかる冷却機構としては、例えば、燃料電池を冷却した後の冷媒を用いて反応部を冷却する構成を適用することができる。つまり、燃料電池と反応部の冷却機構を共通化した構成である。共通化により、冷却機構の小型化を図ることができる。固体高分子型など低温型の燃料電池では、運転温度が高々100℃程度なのに対し、加水分解時の反応部温度は200～800℃に至ることもある。従って、燃料電池を冷却した後の冷媒でも反応部の冷却に十分利用することができる。

【0019】第1の構成における反応部には、触媒が担持されていることが望ましい。触媒の作用によって反応率、反応速度の向上を図ることができるからである。触媒としては、白金系、チタニア系、ルテニウム系を用いることができ、特に、後者の2つが望ましい。

【0020】触媒は、種々の方法で担持可能である。例えば、加水分解を行う場合には、ハニカムモノリスに担持する方法を採ることができる。こうすれば、ハニカムモノリスの空孔を、金属水素化物と水との混合液の流路に活用することができる。

【0021】本発明では第2の構成として、第1の金属水素化物を加水分解する発熱反応により水素を生成させる発熱反応部と、第2の金属水素化物を熱分解して水素

を生成させる吸熱反応部と、該発熱反応部で生じた熱を該吸熱反応部に供給する熱供給機構とを備えるものとした。第2の構成は、水素生成時のエネルギー効率の向上、装置の小型化を図る点で第1の構成と解決すべき課題を共通にしている。

【0022】第1および第2の金属水素化物は第1の構成と同様、種々の物質を適用できる。両者は異なる物質でも同一の物質でも良い。第1の金属水素化物は、加水分解しやすい特性の物質、第2の金属水素化物は、熱分解しやすい特性の物質をそれぞれ適用することがより望ましい。

【0023】第2の構成によれば、発熱反応部で生じた熱を利用して吸熱反応部でも水素を生成することができ、システム全体の小型化、効率化を図ることができる。吸熱反応部でも水素が生成されるため、発熱反応部で生成すべき水素量を低減することができ、加水分解に供給すべき水の量も低減することができる。この結果、水タンクの低容量化を図ることができる利点もある。

【0024】熱供給機構には、例えば、吸熱反応部と発熱反応部とに共通する単一の収納容器を適用することができる。こうすれば、小型化を図りつつ、効率的に熱を供給することができる。熱供給機構は、熱媒体を利用して熱の伝達を行う構成としてもよい。

【0025】発熱反応部には水タンクから水を供給してもよいが、燃料電池の生成水を供給する給水機構を備えるものとするれば、更にシステムの小型化を図ることができる。

【0026】第2の構成においても、第1の構成と同様、金属水素化物に通電する通電手段を備えることができる。また、第1の構成と同様、発熱反応部で生成された熱を有効活用して水蒸気を生成したり、発熱反応部に燃料電池と共通化した冷却機構を設けることもできる。第2の構成においても、反応部には触媒が担持されていることが好ましい。

【0027】本発明は、第3の構成として、反応部において金属水素化物を加水分解または熱分解して生成されたガスから、少なくとも金属イオンを除去する金属イオン除去機構とを備えるものとした。反応部は、第1の構成、第2の構成および従来技術における反応部のいずれを適用してもよい。

【0028】金属水素化物の分解反応では、水素と同時に金属含有生成物が生成される。金属含有生成物は、低量ではあるが水に溶解し、金属イオンとなる。金属イオンは、燃料電池、特に固体高分子型の燃料電池に対し悪影響を与えることが知られている。一般にイオン被毒と呼ばれる現象であり、固体高分子型の燃料電池では、電解膜中のスルホン酸基が金属イオンと結びつき、プロトン導電機能を果たさなくなる。第3の構成では、反応部で生成されたガスから金属イオンを除去するため、イオン被毒を回避することができる。

【0029】金属イオンの除去は、例えば、金属イオンのみを選択的に透過する透過膜を利用することができ。また、金属イオンを化学的に沈殿させて除去してもよい。更に、水素を選択的に透過する水素分離膜によって水素のみを分離する方法を採っても良い。水素分離膜としてはパラジウムまたはパラジウム合金の薄膜、多孔質セラミックスなどの支持体の空孔中にこれらの金属を担持させた薄膜を用いることができる。

【0030】水素分離膜は、表裏面の水素分圧の差によって水素のみを透過させる膜である。水素を抽出する側の水素分圧が低い程、透過速度が向上する。従って、水素透過速度を向上するため、抽出側に水素以外の気体、例えば水蒸気をパージガスとして供給し、抽出された水素を強制的に燃料電池側に運搬してもよい。かかるパージガスは、例えば、反応部の熱を利用して生成された水蒸気を用いることができる。

【0031】第1および第2の構成においては、さらに、前記分解反応によって生成された生成物を蓄積する蓄積部と、該蓄積部に水素を供給し、該生成物を金属水素化物に還元する還元機構とを備えることが望ましい。こうすれば、金属水素化物の再利用を効率的に行うことができる。還元利用される水素は、外部から供給してもよいし、燃料電池で消費されない余剰の水素を用いても良い。還元時のエネルギーは、燃料ガス生成システムの外部から供給される。例えば、燃料ガス生成システムが移動体に搭載されている場合には、移動体に搭載されている種々のエネルギー源を用いることができる。一例として電動発電機の動力で移動する移動体の場合には、制動時に得られる回生エネルギーを還元エネルギーとして利用することができる。

【0032】本発明の燃料ガス生成システムは、小型化、高効率化が図れるため、移動体に搭載される場合に、特に有効性が高い。

【0033】第1～第3の構成を用いるか否かに関わらず、金属水素化物を加水分解して燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムにおいては、原料としての金属水素化物を適宜補充する必要がある。この補充は、例えば、次に示す原料カセットを用いることにより、簡便に行うことができる。本発明における原料カセットは、接続口、第1貯蔵部、第2貯蔵部、配管構造、および少なくとも前記第1貯蔵部、第2貯蔵部、および配管構造を内部に収納する収納ケースを備える。接続口は、燃料ガス生成システムの反応器に連通した配管に接続される機構である。第1貯蔵部は金属水素化物を貯蔵する。第2貯蔵部は、加水分解に供される水を貯蔵する。燃料電池での生成水を加水分解に使用する場合には、生成水分を考慮して、第2貯蔵部に貯蔵される水量を少なくともよい。配管構造は、金属水素化物と水とを混合して接続口から流出させるよう構成される。例えば、第1、第2貯蔵部からそれぞれ金属水素化物と水を引きだし、合流さ



せて接続口に流す構造とすることができる。第2貯蔵部から水を第1貯蔵部に流し、第1貯蔵部から混合液を接続口に流す構造としてもよい。かかる原料カセットを複数本取り付け可能な構造の燃料ガス生成システムにおいては、一部の原料カセットを用いた水素生成と、他の原料カセットの交換とを並行して行うことができる利点もある。

【0034】本発明は、燃料ガス生成システムとしての態様の他、燃料ガスの生成方法、燃料電池システム、そのシステムを搭載した移動体など種々の態様で構成することができる。触媒を担持した反応器として構成することも可能である。

#### 【0035】

【発明の実施の形態】本発明の実施例を以下の項目に分けて説明する。

A. 第1実施例 生成水を利用する構成：

A1. 第1変形例 金属水素化物への通電を行う構成：

A2. 第2変形例 還元機構を備える構成：

A3. 第3変形例 水蒸気生成系統を備える構成：

A4. 第4変形例 水素分離膜を備える構成：

B. 第2実施例：

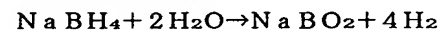
C. 第3実施例：

D. 第4実施例：

【0036】A. 第1実施例 生成水を利用する構成：図1は第1実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。第1実施例では、ケミカルハイドライドと呼ばれる金属水素化物を加水分解して燃料ガスを生成する際に、燃料電池1の生成水を利用する構成について説明する。図示する通り、このシステムは、燃料電池1、燃料ガス生成システム20、制御ユニット10、およびその他の周辺装置で構成される。

【0037】燃料電池1は、アノード1aに供給される水素とカソード1cに供給される空気中の酸素の電気化学反応によって発電するユニットである。本実施例では、小型かつ運転効率が比較的高い固体高分子型を用いた。その他、リン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、アルカリ型など種々の形式の燃料電池を適用可能である。

【0038】燃料ガス生成システム20は、ケミカルハイドライドと呼ばれる金属水素化物の固まりを貯蔵する貯蔵部21、金属水素化物を粉末状に微細化する微細化機構22、反応器23、水噴射用の噴射機3から構成される。本実施例では、 $\text{NaBH}_4$ を用いるものとした。この物質は、次式により加水分解して水素を生成することが知られている。



金属水素化物は、加水分解して水素を生成する種々の物質を用いることができる。かかる物質として、 $\text{NaH}$ 、 $\text{NaBH}_4$ 、 $\text{NaAlH}_4$ 、 $\text{LiAlH}_4$ 、 $\text{LiBH}_4$ 、 $\text{LiH}$ 、 $\text{CaH}_2$ 、 $\text{AlH}_3$ 、 $\text{MgH}_2$ などが知られてい

る。

【0039】微細化機構22は、金属水素化物との接触面が粗面となっているやすりをモータ等で駆動することによって、金属水素化物を徐々に微細化する機構である。微細化機構22に変えて、予め粉末化された金属水素化物を備えるものとしてもよい。微細化機構22を省略し、金属水素化物に直接水を噴射する構成を採ることも可能である。

【0040】反応器23では、微細化された金属水素化物に、噴射機3から水を供給することにより上式で表される加水分解反応が起きる。液体で噴霧するものとしてもよいし、水蒸気で供給するものとしてもよい。本実施例では、この水として燃料電池1での生成水が利用される。周知の通り、燃料電池1では、アノード1aに供給された水素が電解質膜中をカソード1c側に移動し、カソード1cに供給された空気中の酸素と反応して水を生成する。従って、カソードオフガスは、生成された水を多量に含んだガスとなる。本実施例では、こうして生成された水を反応器に供給して加水分解に利用する。カソードオフガスを直接に反応器23に供給することも可能ではあるが、本実施例では、凝縮器2で水を分離した上で反応器23に供給するものとした。こうすることにより、水以外の成分が反応器に供給され、好ましくない化学反応が生じることを回避することができる。また、噴射量と反応に供される水の量がほぼ一義的に対応するため、水素の生成量に応じた噴射量の制御が比較的容易になる。

【0041】反応器23には、加水分解を促進する触媒を備えてもよい。かかる触媒としては、例えば、白金系、ルテニウム系、チタニア系を用いることができる。触媒は、例えば、反応器23内部にハニカムモノリス等の担体を備え、これに担持する方法を採ることができる。貯蔵部21に、金属水素化物と触媒の混合物を蓄え、両者を併せて反応器23に供給する構成を採ることもできる。

【0042】かかる加水分解反応によって生成された生成物24、即ち $\text{NaBO}_2$ は、反応器23の底に蓄積される。生成された水素は、配管によって燃料電池1のアノード1aに供給される。この配管途中には、ガス流量を検出するためのガス流量センサ4、流量を調整するためのバルブ12が設けられている。また、反応器23には、水素圧センサ11が備えられている。この検出値に基づき反応器23で発生している水素量を検出することができる。

【0043】燃料電池システムの運転は、制御ユニット10により制御される。制御ユニット10は、内部にCPU、メモリを備えたマイクロコンピュータとして構成されている。運転を制御するため、制御ユニット10には、水素圧センサ11、ガス流量センサ4等からの検出信号が入力される。これらの信号に基づき、制御ユニッ



ト10は、要求された電力の発電に必要となる水素を燃料電池1で供給するよう、噴射機3からの水の噴射量や、バルブ12の開度を制御する。図示を省略するが、制御ユニット10には、燃料電池1、凝縮器、その他図1への図示を省略した種々のユニットの運転状態を制御するための信号が入出力される。

【0044】図2は燃料電池システムの冷却システムを示す説明図である。金属水素化物の加水分解は、発熱反応であるため、燃料ガス生成システム20は、高温になる。反応時の温度は、金属水素化物の種類、反応率に応じて異なる。NaBH<sub>4</sub>を用いる場合には、反応時の温度は、200～800℃に至ることが確認されている。本実施例では、図示する通り、燃料電池1と共通の冷却システムを用いて反応器23の冷却を行う。この冷却システムは、燃料電池1および反応器23を通過して冷媒を循環させる配管7およびポンプ8と、冷媒を放熱する放熱器9とから構成される。冷媒は、燃料電池1、反応器23、放熱器9の順に循環される。放熱後、低温T0の冷媒は、燃料電池1を冷却し、温度T1に上昇する。燃料電池1の運転温度は、固体高分子型の場合、80～100℃程度であるため、温度T1はこの程度の温度となる。この冷媒は、反応器23を冷却し、温度T2に上昇する。その後、放熱器9で放熱され、再び燃料電池1に供給される。

【0045】上述の通り、燃料電池1と反応器23の温度には大きな差がある。従って、燃料電池1の冷却によって温度上昇した冷媒であっても、反応器23の冷却には、十分有効利用することができる。循環される冷媒は、反応器23の熱を十分に吸収可能な液体を選択すればよい。本実施例では、両者の温度差に着目し、燃料電池1と反応器23の冷却システムを共通化した。これにより、冷却システムの小型化、簡素化を図ることができる。実施例では、燃料電池1の運転温度が反応器23よりも低い場合を例示したが、反応器23の運転温度の方が高い場合には、冷媒を反応器23、燃料電池1の順に循環させることにより、冷却システムの共通化を図ることができる。

【0046】以上で説明した第1実施例の燃料ガス生成システム20では、エネルギー密度に優れる金属水素化物を利用して水素を生成するため、貯蔵部21の小型化を図ることができる。また、加水分解により水素を生成できるため、反応器23の構成が比較的簡単になる利点がある。燃料ガス生成システム20では、加水分解への供給水として、燃料電池1で生成された水を用いるため、供給水用の水タンクの省略または小型化を図ることができる。燃料電池1を運転するために水を頻繁に補給する必要もない。これらの利点は、燃料電池システムが車両その他の移動体に搭載されている場合に有効である。車両その他の移動体では、燃料電池システムを搭載するためのスペース上の制約が厳しく、水等の補給回数の低減

に対する要請も高いからである。

【0047】なお、燃料電池1の始動前は、生成水を反応器23に十分供給することができない。従って、第1実施例のシステムにおいては、燃料電池1の始動用の水素を貯蔵する水素貯蔵部、または始動前に反応器23に水を供給するための始動用水タンクを備えることが望ましい。水素貯蔵部は、例えば水素吸蔵合金や気密性の容器を用いることができる。反応器を水素貯蔵部と兼用するものとしてもよい。水素貯蔵部および始動用水タンクは、少なくとも一方を備えれば良い。

【0048】実施例では、凝縮器2によって、カソードオフガス中の水を分離する場合を例示した。気水の分離は、種々の機構によって実現可能である。図3は変形例としての分離機構2Aの概略構成を示す説明図である。実施例における凝縮器2の付近の構成を示した。分離機構2Aは、水を利用してカソードオフガス中の水を分離する。図示する通り、分離機構2Aは、水を貯蔵する容器で構成されており、この容器は、カソードオフガスが注入される第1容器2b、加水分解用の水を蓄える第2容器2d、両者を連結する連結水路2cを備える。分離機構2Aに注入されたカソードオフガス中に含まれる酸素等は、第1容器2bにおいて気泡となって除去される。分離機構2Aには、カソードオフガス中の水分のみが残る。こうして回収された水は、第2容器2dからポンプ3pによって汲み上げられ、加水分解に供される。本実施例では、ポンプ3pでの汲み上げ時に、カソードオフガスの気泡が混入するのを回避するため、第1容器2bと第2容器2dを連結水路2cで連結する構成とした。第1容器2bと第2容器2dを機能を単一の容器でまとめて実現してもよい。

【0049】分離機構2Aでの分離は、カソードオフガスが水中に供給されることによって実現される。従って、分離機構2Aの水位は、カソードオフガスの供給管の開口部よりも高く保持する必要がある。変形例では、水位を保持するための制御ユニットを設けた。水位を保持するため、制御ユニット10が適宜ポンプ2pを駆動して、水タンク2tに貯蔵された水を分離機構2Aに供給する。この制御は、分離機構2Aに水位センサ2e、2fの出力に基づいて行われる。水位センサ2eは、分離機構2Aの下限水位を検出する。水位センサ2fは、分離機構2Aの上限水位を検出する。水位センサ2eよりも水位が下がったことが検出されると、制御ユニット10は、水の補充を行う。補充は、水位が水位センサ2fに達した時点で停止される。こうすることにより、分離機構2Aの水位は、水位センサ2e、2fの間に保持される。図3では、連結水路2cを通して第2容器2d側に空気が混入する可能性を考慮し、カソードオフガスの供給管の開口部よりも高い位置、連結水路2cの最上部と同じ位置に水位センサ2eを設けた。開口部と同程度の位置まで水位センサ2eを下げても良い。

【0050】A1. 第1変形例 金属水素化物への通電を行う構成：図4は第1変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。燃料ガス生成システム20Aの貯蔵部21Aにおいて、金属水素化物CHに電流を流す回路が備えられている点で第1実施例と相違する。その他の構成は、第1実施例と同じである。

【0051】回路は、金属水素化物CH自体に接続された配線と、電源としてのバッテリー30、および通電をオン・オフするリレー31から構成される。リレー31のオン・オフは制御ユニット10により制御される。リレー31をオンにすると、金属水素化物CHを通して電流が流れる。この結果、金属水素化物は内部抵抗により発熱する。発熱量は、通電量と相関を持って変化する。通電によって生じた熱が全て金属水素化物CH自体に供給されることになるため、非常に効率的に金属水素化物を加熱することができる。金属水素化物CHは、熱分解して水素を生成するから、リレー31をオン・オフするデューティを制御することにより、金属水素化物CHへの通電量を制御でき、熱分解による水素生成量を制御することができる。

【0052】金属水素化物CHへの通電は、燃料電池1の始動時に有効に活用することができる。つまり、燃料電池1からの生成水を反応器23に供給することができない始動時でも、通電により金属水素化物CHを熱分解して水素を生成することができる。始動時の通電制御は、例えば、次の処理によって実現される。

【0053】図5は燃料電池始動制御のフローチャートである。制御ユニット10が実行する処理である。この処理が開始されると、制御ユニット10は、燃料電池1の始動が指示されているか否かを判断する（ステップS1）。始動の判断は、燃料電池1に始動スイッチが用意されている場合には、そのオン・オフで判断してもよいし、制御ユニット10に別途入力される要求電力の値に基づいて判断してもよい。

【0054】燃料電池1の始動が指示されていない場合には、制御ユニット10は、何も処理を行わずに燃料電池始動処理を終了する。始動が指示されている場合には、加水分解可能な量の生成水が生成されているか否かを判定し（ステップS2）、生成水の量が不十分な場合には、リレー31を制御して金属水素化物CHへの通電を行う（ステップS3）。通電は、予め設定された電圧を印加するようにリレー31をオン・オフして行う。加水分解可能か否かの判定は、例えば、噴射機3に所定量の水を噴射させる指示を出力し、それに応じた水素圧を検出すればよい。水素圧は、噴射機3から供給された生成水の量と相関を持って変化するからである。もちろん、燃料電池1または凝縮器2に生成水の量を検出可能なセンサを設けても良い。

【0055】ステップS2において、加水分解可能と判断された場合には、制御ユニット10は、リレー31を

制御して通電を停止し（ステップS4）、生成水の供給による加水分解を開始する（ステップS5）。加水分解の可否に関わらず通電を継続してもよいが、通電を停止し消費電力を抑制することにより、燃料電池システム全体のエネルギー効率を向上することができる。

【0056】金属水素化物CHへの通電は、始動時の他、燃料電池1の運転中にも有効に活用することができる。燃料電池1からの生成水の量は、要求電力に応じて変動し、必ずしも加水分解反応に必要な量を安定して供給できるとは限らない。金属水素化物CHへの通電を行えば、供給水の不足分を補償することができ、水素発生量を安定させることができる。かかる通電制御は、例えば、次の処理によって実現される。

【0057】図6は燃料電池運転制御のフローチャートである。制御ユニット10が実行する処理である。この処理において、制御ユニット10は、要求電力の指令値などの形で発電に必要な要求水素量を入力し（ステップS10）、燃料電池1の生成水の量が十分か否かを判定する（ステップS11）。この判定は、反応器23の水素圧の変動から判定できる。生成水の量が不足している場合には、引き続き生成水を供給して加水分解しつつ（ステップS12）、不足する水素量を通電で補償する制御を行う（ステップS13）。水素圧が要求水素量に応じた値になるようリレー31のデューティを変化させて、金属水素化物CHに印加される電圧をフィードバック制御する。

【0058】ステップS11において生成水の量が十分であると判断された場合には、制御ユニット10は通電を停止し（ステップS14）、水の噴射量を制御して加水分解を行う（ステップS15）。

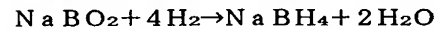
【0059】なお、図6の制御処理において、ステップS10の判断処理およびステップS14、S15を省略し、加水分解（ステップS12）と、通電による補償（ステップS13）のみを実行するようにしても同様の制御は実現可能である。加水分解で十分な水素量が発生している場合、即ち、水素圧が要求水素量に応じた値以上となっている場合には、通電量を0にするよう規制しておけば良い。

【0060】以上で説明した第1変形例のシステムには、第1実施例における利点に加えて、次の種々の利点がある。第1に燃料電池1からの生成水および通電の双方によって水素を生成することができるため、燃料ガス生成システムが生成可能な水素の最大量を増大することができる。第2に始動時に通電を制御すれば、始動用の水タンクや水素貯蔵部を備えなくても、燃料電池1を始動することができる。第3に燃料電池1の運転中に通電を制御すれば、生成水の変動を補償して安定した水素生成を行うことができる。

【0061】A2. 第2変形例 還元機構を備える構成：図7は第2変形例としての燃料電池システムの概略

構成を示す説明図である。燃料ガス生成システム20Bと第1実施例のシステムとの相違点は次の通りである。反応器23に水素供給口25が備えられている。反応器23で生成された水素をアノード1aに供給する配管途中には、切替バルブ5が設けられており、水素を水素供給口25に供給することができる。燃料電池1のアノードオフガスも切替バルブ6によって大気中への排気と水素供給口25への供給に切り替えることができる。

【0062】金属水素化物が加水分解して生成された生成物24は反応器23の底部に蓄積されている。金属水素化物として $\text{NaBH}_4$ を用いる場合、生成物は $\text{NaBO}_2$ である。この生成物は、水素を供給することにより、元の金属水素化物に還元できる。例えば、 $\text{NaBO}_2$ の場合には、次式で表される還元反応が生じる。



この反応は、約1300KJの吸熱反応である。反応に必要な熱は、例えば、反応器23にヒータを設け、そのヒータへの通電によって供給すればよい。

【0063】燃料ガス生成システム20Bによれば、切替バルブ5、6の切り替えにより、反応器23で生成された余剰の水素や、燃料電池1で消費されなかった余剰の水素を生成物24に供給することができる。従って、生成物24を金属水素化物に還元し、再利用することができるため、金属水素化物の浪費を避けることができる。

【0064】第2変形例では、余剰の水素を生成物24に供給する場合を例示したが、別途用意された外部の水素タンクから水素を供給するものとしてもよい。

【0065】A3. 第3変形例 水蒸気生成系統を備える構成：図8は第3変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。第1実施例において、図2に例示した冷却系統に代えて、または図2の冷却系統と共に、水蒸気生成系統を備えている。図の煩雑さを避けるため、制御ユニットなど一部の構成については、図示を省略した。

【0066】水タンク13に蓄えられた水は、ポンプ13pの動力によって配管を流れる。この配管は、反応器23を通り、アノード1aへの燃料ガスの供給管に合流する。配管中の水は、反応器23の熱によって気化され、水蒸気となる。この水蒸気は、燃料ガスとともに燃料電池1に供給され、電解質膜の加湿に供される。

【0067】第3変形例によれば、反応器23で生じる熱を水蒸気生成に有効活用することができる。従って、燃料電池1の加湿に余分なエネルギーを要せず、システム全体のエネルギー効率を向上することができる利点がある。加湿用の水は、燃料電池1の生成水の一部を利用してもよい。

【0068】凝縮器2で得られた水を直接反応器23に噴射するのではなく、反応器での反応熱を利用して生成水を気化し、水蒸気で加水分解反応を起こさせる態様を

採っても良い。水蒸気の拡散性により、反応器23での反応率を向上することができる利点がある。

【0069】A4. 第4変形例 水素分離膜を備える構成：図9は第4変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。第1実施例において、反応器23の下流側に水素分離器50を設けた構成である。図の煩雑さを回避するため、制御ユニット10など一部の構成は図示を省略した。

【0070】水素分離器50は、水素分離膜52の一方の面に供給室53、他方の面に抽出室51を設けて構成される。供給室53には、反応器23で生成されたガスが供給される。このガスは、水素と不純物の混合ガスとなっている。不純物には、金属水素化物の加水分解で生じた金属含有生成物および水が含まれる。

【0071】水素分離膜52は、供給室53と抽出室51の水素分圧差を利用して水素のみを選択的に透過する薄膜である。例えば、パラジウムまたはパラジウム合金の薄膜、これらの金属を多孔質体の細孔内に担持して形成された薄膜などを水素分離膜52として適用することができる。

【0072】供給室53に供給された混合ガス中の水素は、水素分離膜52の作用によって抽出室51に抽出される。水素が分離された残りのガスは、水素分離器50から排出される。排出物中に含まれる、金属含有生成物、水を回収する容器を設けても良い。

【0073】水素分離膜52の水素透過速度を向上させるため、抽出室51の水素分圧は低い状態に保持することが好ましい。このため、第4変形例では、抽出室51に水蒸気を供給する。抽出室51からは、分離された水素と水蒸気とが排出され、燃料ガスとしてアノード1aに供給される。この水蒸気は、第3変形例と同様、水タンク13の水を反応器23の熱で気化して生成される。燃料電池1での生成水の一部を利用してもよい。蒸発器を用いて水蒸気を生成してもよいが、反応器23の熱を有効活用した方が、エネルギー効率が高い。

【0074】第4変形例によれば、金属含有生成物などの不純物を除去した上で燃料電池1に水素を供給することができる。金属含有生成物は、水に溶解することにより、金属イオンを生成し、燃料電池1の電解質膜のイオン被毒を招く。第4変形例では、水素分離器50の作用により、イオン被毒を回避することができる。

【0075】第4変形例では、水素分離膜52を用いて水素を分離する例を示した。イオン被毒を回避する観点からは、イオンを選択的に透過する透過膜、金属イオンを分離する分子ふるいなどを利用して燃料ガスから金属イオンを除去してもよい。

【0076】B. 第2実施例：図10は第2実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。第2実施例の燃料ガス生成システム20Cは、第1貯蔵部21、第2貯蔵部26の2箇所に金属水素化物を備え

る点で第1実施例と相違する。その他の構成は、第1実施例と同じである。第1貯蔵部21には、加水分解用の金属水素化物が貯蔵されている。第2貯蔵部26には熱分解用の金属水素化物が貯蔵されている。第2貯蔵部26は、反応器23Cの底部の一面であり、特別に区画された容器等が備えられているものではない。

【0077】第1貯蔵部21と第2貯蔵部26の金属水素化物は、同じ種類としてもよいが、第2実施例では異なる種類とした。即ち、加水分解、熱分解のそれぞれに適した2種類の金属水素化物を用い、第1貯蔵部21には $\text{NaBH}_4$ を、第2貯蔵部26には $\text{LiH}$ を貯蔵するものとした。 $\text{LiH}$ は、約850℃で熱分解して次式に示す通り水素を生成することが知られている。



第2貯蔵部26には、 $\text{LiH}$ に限らず、熱分解して水素を生成するいずれの金属水素化物を用いても良い。

【0078】噴射機3から水を供給すると、第1貯蔵部21から供給された金属水素化物が加水分解して反応器23で水素を生成する。この反応は発熱反応である。生成された水素は、燃料電池1に供給され、生成物24は第2貯蔵部26の $\text{LiH}$ の上に蓄積される。 $\text{LiH}$ は、反応器23C内に貯蔵されているため、加水分解で生じた熱は、 $\text{LiH}$ に伝達される。第2貯蔵部26の $\text{LiH}$ は、この熱を受けて、熱分解し、水素を生成する。生成された水素は燃料電池1に供給される。

【0079】第2実施例の燃料ガス生成システムによれば、2種類の金属水素化物の分解により速やかに多量の水素を生成することができる。加水分解で生じた熱を第2貯蔵部26の熱分解に活用するため、エネルギーの無駄なく効率的に水素を生成することができる。

【0080】第2貯蔵部26は、必ずしも反応器23C内に設ける必要はない。加水分解によって生じた熱を利用可能な構成で設けられていればよい。例えば、第2貯蔵部26を、反応器23Cとは別の容器として構成しつつ、両者を接触させて配置することにより、容器を構成する部材同士の熱伝導で加水分解時の熱を第2貯蔵部26で利用できるようにしてもよい。また、何らかの熱媒体を流通させる機構によって、反応器23Cで生じた熱を第2貯蔵部26に運搬するようにしてもよい。

【0081】第2実施例においても、第1変形例(図4)および第2変形例(図7)と同様の変形例を構成することができる。第2変形例(図7)のように水素を供給して金属水素化物の還元を行う場合には、加水分解および熱分解でそれぞれ生じた生成物に水素を供給できる構成とすることが望ましい。

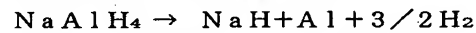
【0082】第2実施例では、反応器23Cに燃料電池1の生成水を供給する場合を例示した。燃料電池1の生成水に代えて、別途用意された水タンクから水を反応器23Cに供給する構成を採っても良い。

【0083】C. 第3実施例: 図11は第3実施例とし

ての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

第3実施例では、燃料電池1で発生した熱によって金属水素化物の熱分解を行う例を示す。第3実施例の燃料ガス生成システム20Dの構成は、以下の点で第1実施例と相違する。第1に燃料電池および反応器23D間で熱媒体を流通させる流通機構を備えている。流通機構は、主として熱媒体が流れるための配管41、熱媒体を流すためのポンプ40から構成される。ポンプ40の運転は制御ユニット10により制御される。熱媒体は水を用いるものとした。第3実施例では、熱媒体を循環させる機構としたが、燃料電池1の廃熱を反応器23Dに運搬可能な機構であれば必ずしも熱媒体を循環させる機構に限定はされない。

【0084】貯蔵部21は、第1実施例と同様、金属水素化物が貯蔵されている。熱分解して水素を生じるいかなる金属水素化物を用いてもよいが、第3実施例では、比較的低温で熱分解することが知られている $\text{NaAlH}_4$ を用いた。この物質は、適当な触媒との組み合わせにより、100℃以下において次式の通り熱分解し、水素を生成することが知られている。



【0085】制御ユニット10がポンプ40を運転すると、燃料電池1の熱が熱媒体によって反応器23Dに運ばれる。反応器23Dに微細化された金属水素化物が共有されると、熱分解により水素を生成する。反応器23Dには、この熱分解を促進する触媒を収容することが望ましい。生成された水素は、アノード1aに供給される。熱分解で生じた生成物24は反応器23Dの底部に蓄積される。なお、反応器23Dにヒータ等の加熱機構を併せて設けても良い。

【0086】第3実施例の燃料ガス生成システムによれば、燃料電池1で発生した熱を用いて水素を生成することができる。このため、金属水素化物を加熱するための加熱機構を省略または小型化することができる。燃料電池1の廃熱を利用するため、加熱するためのエネルギー消費を低減でき、システム全体のエネルギー効率を向上することもできる。

【0087】第3実施例では、金属水素化物として $\text{NaAlH}_4$ 、熱媒体として水を用いた例を示した。金属水素化物の熱分解に要求される温度は、燃料電池1の運転温度、熱媒体が熱を有効に運搬できる上限温度よりも低いという条件下で、金属水素化物、熱媒体は選択する必要がある。固体高分子膜型の燃料電池1は運転温度が100~150℃程度なので、金属水素化物は、これらの温度で熱分解可能な物質を用いる必要がある。例えば、 $\text{NaAlH}_4$ 、 $\text{LiAlH}_4$ などが挙げられる。リン酸型など比較的運転温度が高い燃料電池を用いる場合には、 $\text{NaBH}_4$ など、更に多種類の金属水素化物が適用可能である。この場合には、熱媒体は沸点が熱分解の温度よりも高い物質を選択する必要がある。

【0088】第3実施例においても、第1変形例（図4）および第3変形例（図7）に示した種々の変形例を構成することができる。また、第2実施例と組み合わせても良い。つまり、第2実施例の第2貯蔵部26を加熱する付加的な機構として第3実施例の流通機構を用いるものとしてもよい。

【0089】D. 第4実施例：図12は第4実施例としての燃料ガス生成システムの概略構成を示す説明図である。第4実施例では、水と金属水素化合物とを混合した状態で触媒が担持された反応器に供給する。

【0090】図示する通り、加水分解反応に供される金属水素化合物および水は、それぞれ原料カセット60A～60Dから供給される。原料カセットの本数は、各カセット内のタンクの容量、生成すべき水素量に応じて適宜設定可能である。

【0091】原料カセット60Aについて、内部構造を説明する。原料カセット60Aは、収容ケース65の内部に、加水分解用の水を貯蔵する水タンク61、金属水素化合物を貯蔵する金属水素化合物タンク63が備えられている。これらのタンクは、それぞれ配管で連結されている。配管は、水タンク61の水が金属水素化合物タンク63に流れ込み、両者の混合液が接続口64から流出する構造となっている。配管には、各タンクからの液の流出を調整するバルブ62a、62bが設けられている。

【0092】燃料ガス生成システムには、反応器70に混合液を供給するための供給管73が設けられている。原料カセット60Aは、接続口64で、この供給管73に連結される。供給管73の側には、原料カセット60Aの取り外し時に、混合液の流出を防止するためのバルブ66が設けられている。他の原料カセット60B～60Dも、それぞれ同じ構造を有している。

【0093】混合液は、バルブ72を介して反応器70に供給される。反応器70には、反応ユニット71が取り付けられている。反応ユニット71には、加水分解反応の触媒が担持されている。

【0094】図13は反応ユニット71の構造を示す説明図である。反応ユニット71は、ハニカムモノリスで構成される。図の下方に反応ユニット71の断面拡大図を示した。ハニカムモノリスは、周知の通り、複数のセルを有する構造体であり、このセルは、混合液が通過する流路となる。反応ユニット71は、セル表面部分に触媒層71aが設けられている。触媒層71aは、物理蒸着法（PVD）、化学蒸着法（CVD）などで担持させることができる。反応ユニット71では、加水分解反応により、内圧が非常に高くなるから、ハニカムモノリスは、この圧力に耐える強度を備えることが望ましい。

【0095】混合液が、反応器70に供給され、反応ユニット71の各セルを通過すると、担持された触媒の作用によって、急激に加水分解し、水素を生成する。反応器70からは、水素、金属含有生成物、および水の混合

物が排出される。

【0096】この混合物は、バルブ74を介して分離器80に供給される。ガスが分離器80に一旦貯蔵されることにより、金属含有生成物を中心とする不純物が落下し、底部に堆積する。水素ガスは軽量の気体であるため、分離器80の上部に設けられた排出口81から冷却器90に流れ込む。冷却器90には、放熱フィンが設けられており、自然空冷される。冷却によって、ガス中の水蒸気は凝縮し、水回収器91に回収される。水が分離された水素ガスは、排出口92から排出され、燃料電池に供給される。水回収器91に回収された水は、加水分解、燃料電池の加湿などに有効活用してもよい。

【0097】第4実施例によれば、水と金属水素化合物との混合液を触媒に通過させることにより、次に示す種々の利点がある。第1に、混合液を用いることにより、金属水素化合物を固体のまま扱うシステムに比較して、搬送を容易かつ精度良く行うことができる利点がある。第2に、反応器70を通過させながら反応を促進することができるため、触媒との接触を容易に確保することができる。また、金属水素化合物と共に触媒を反応器に供給する構成に比較し、触媒の浪費を防ぐことができる利点もある。

【0098】第4実施例では、加水分解に必要な金属水素化合物と水とを原料カセットで提供することにより、金属水素化合物の補充を容易に行うことができる利点がある。また、複数の原料カセットを並列に設けることにより、一部のカセットを用いて水素を生成しつつ、他のカセットを交換することができる利点もある。

【0099】水および金属水素化合物の供給方法は、カセット方式に限定されるものではない。例えば、混合液を一つのタンクに貯蔵しておくものとしてもよい。この場合は、タンク内で加水分解が進行しないよう、温度、pHなどの環境条件を、反応速度が低い状態に保っておくことが好ましい。

【0100】加水分解用の水は、燃料電池の生成水を利用してもよい。この場合、金属水素化合物タンクに生成水を供給して得られた混合液を反応器70に供給するものとしてもよいし、供給管73に水と金属水素化合物を個別に供給し、供給過程で混合液を生成する態様をとってもよい。原料カセット内の水と生成水を併用する構成を採ることも可能である。

【0101】以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいふまでもない。例えば、第1～第4実施例の構成を組み合わせ一つ一つのシステムを構築しても良い。一例として、反応器に水を噴射する機構（第1実施例）と、加熱用の流通機構（第3実施例）とを併せて設け、燃料電池1の運転状況等に応じて両者を使い分けるものとしてもよい。第1実施例で例示した冷却系統（図2）、気

水分離機構（図3）、水蒸気生成機構（図8）、水素分離器（図9）などの構成は、その他の実施例においてもそれぞれ適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図2】燃料電池システムの冷却系統を示す説明図である。

【図3】変形例としての分離機構2Aの概略構成を示す説明図である。

【図4】第1変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図5】燃料電池始動制御のフローチャートである。

【図6】燃料電池運転制御のフローチャートである。

【図7】第2変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図8】第3変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図9】第4変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図10】第2実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図11】第3実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図12】第4実施例としての燃料ガス生成システムの概略構成を示す説明図である。

【図13】反応ユニット71の構造を示す説明図である。

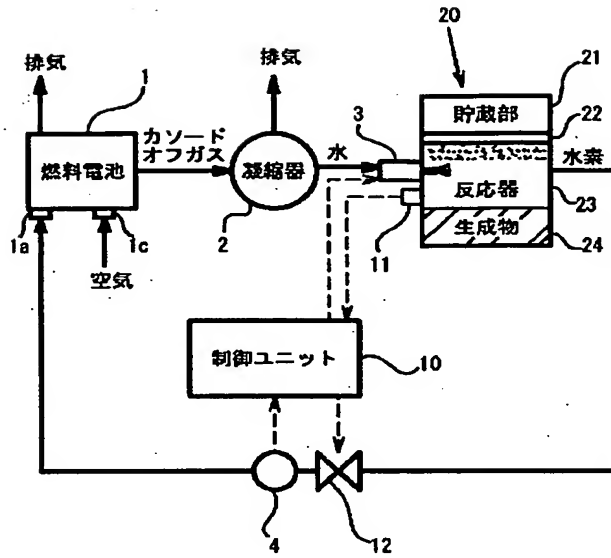
【符号の説明】

- 1…燃料電池
- 2…凝縮器
- 2A…分離機構
- 2b…第1容器
- 2d…第2容器
- 2c…連結水路
- 2p…適宜ポンプ
- 2t…水タンク
- 2e, 2f…水位センサ
- 3p…ポンプ
- 3…噴射機
- 4…ガス流量センサ
- 5, 6…切替バルブ

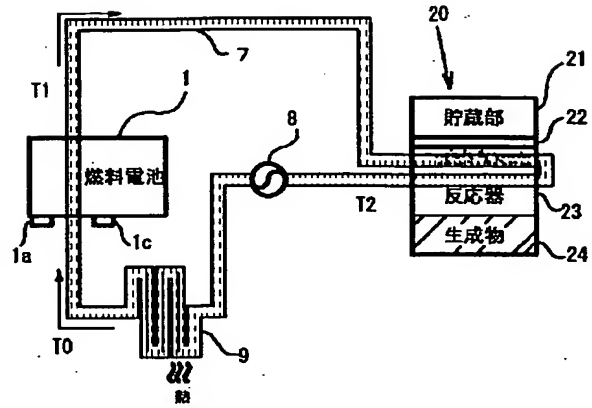
- 7…配管
- 8…ポンプ
- 9…放熱器
- 10…制御ユニット
- 11…水素圧センサ
- 12…バルブ
- 13…水タンク
- 13p…ポンプ
- 20, 20A, 20B, 20C, 20D…燃料ガス生成システム
- 21, 21A…貯蔵部
- 22…微細化機構
- 23, 23C, 23D…反応器
- 24…生成物
- 25…水素供給口
- 26…第2貯蔵部
- 30…バッテリー
- 31…リレー
- 40…ポンプ
- 41…配管
- 50…水素分離器
- 51…抽出室
- 52…水素分離膜
- 53…供給室
- 60A～60D…原料カセット
- 61…水タンク
- 62a, 62b…バルブ
- 63…金属水素化合物タンク
- 64…接続口
- 65…収容ケース
- 66…バルブ
- 70…反応器
- 71…反応ユニット
- 71a…触媒層
- 72…バルブ
- 73…供給管
- 74…バルブ
- 80…分離器
- 81…排出口
- 90…冷却器
- 91…水回収器
- 92…排出口



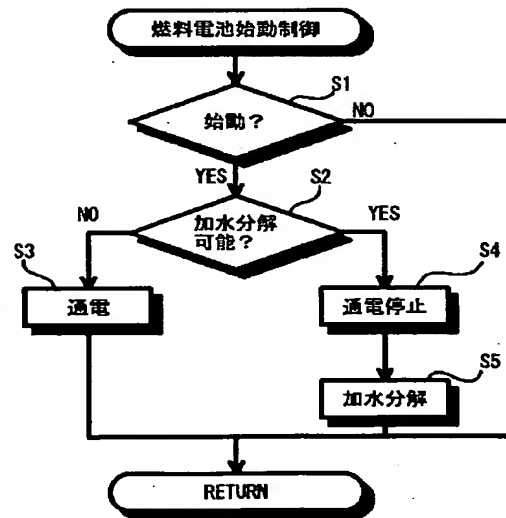
【図1】



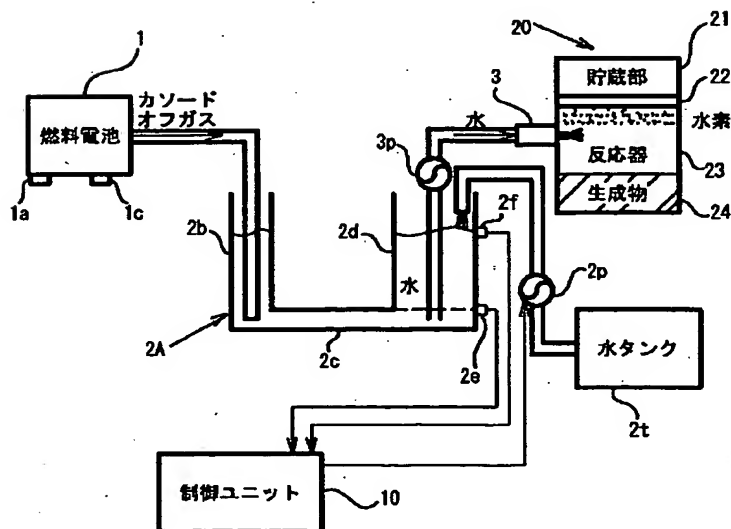
【図2】



【図5】

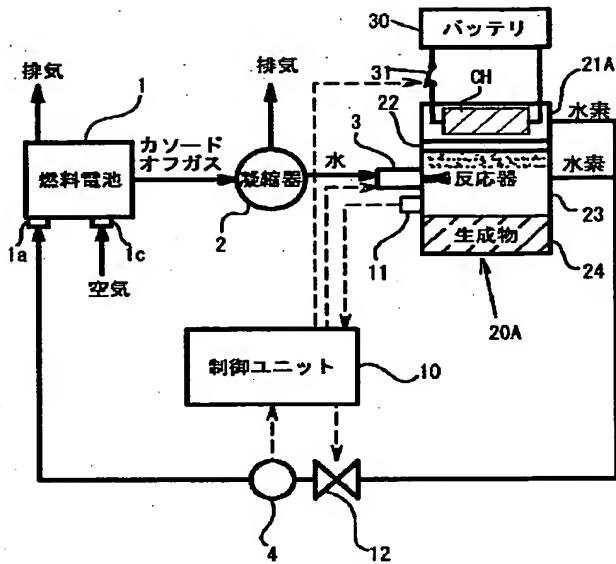


【図3】

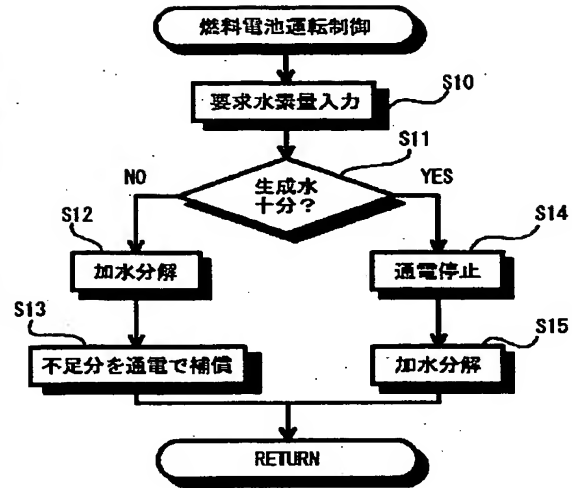




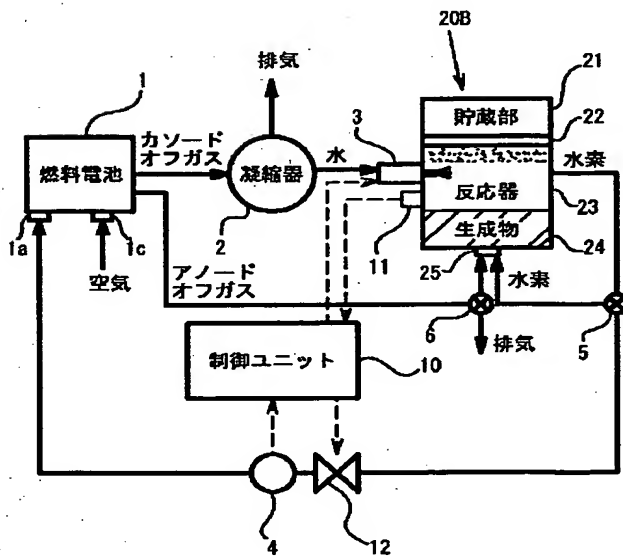
【図4】



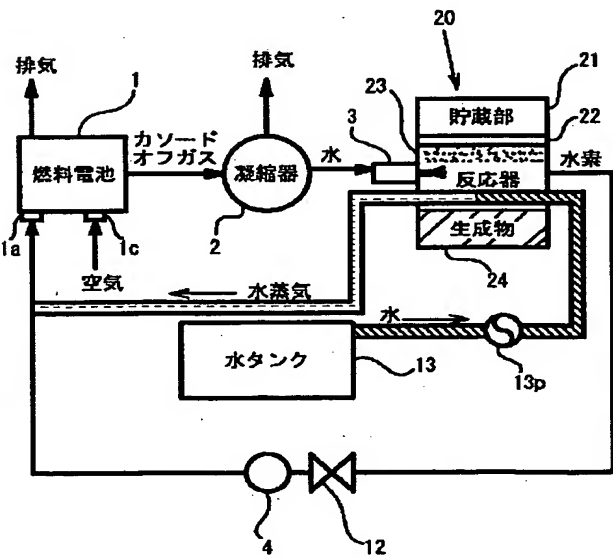
【図6】



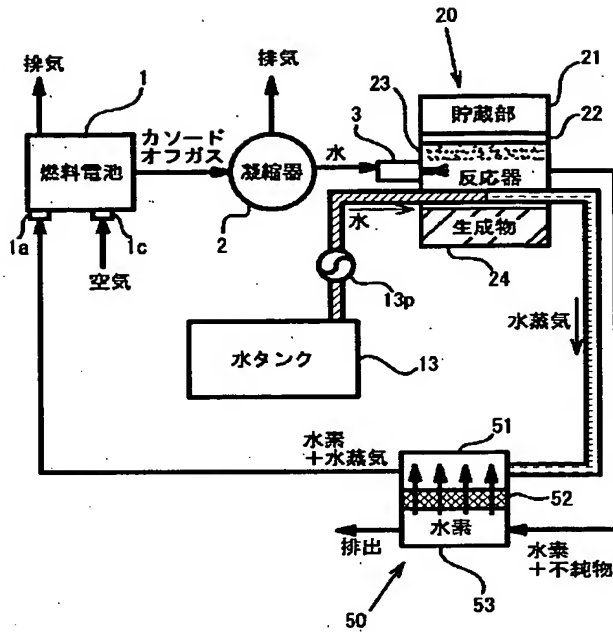
【図7】



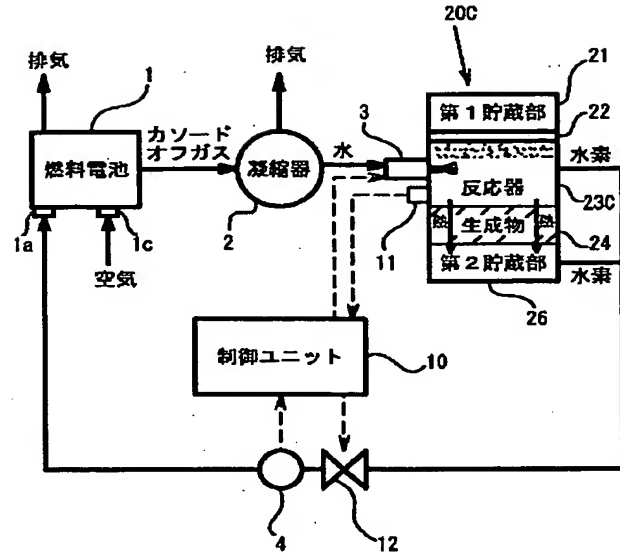
【図8】



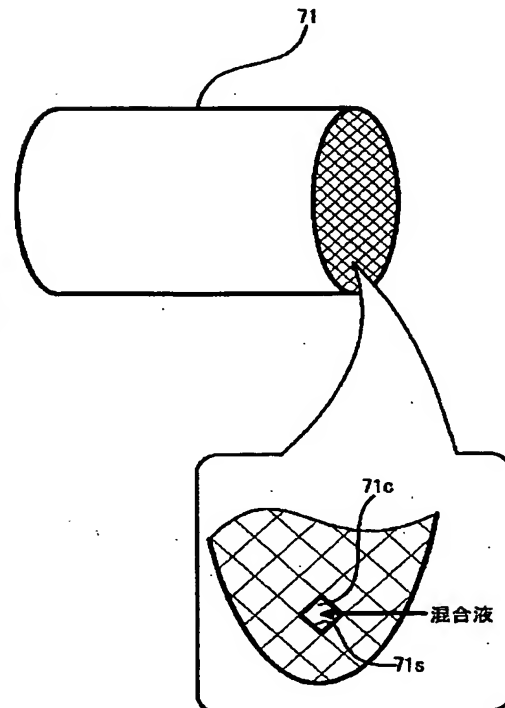
【図9】



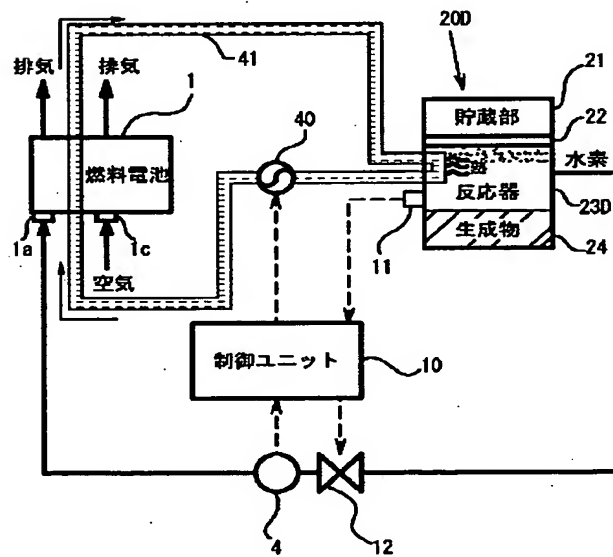
【図10】



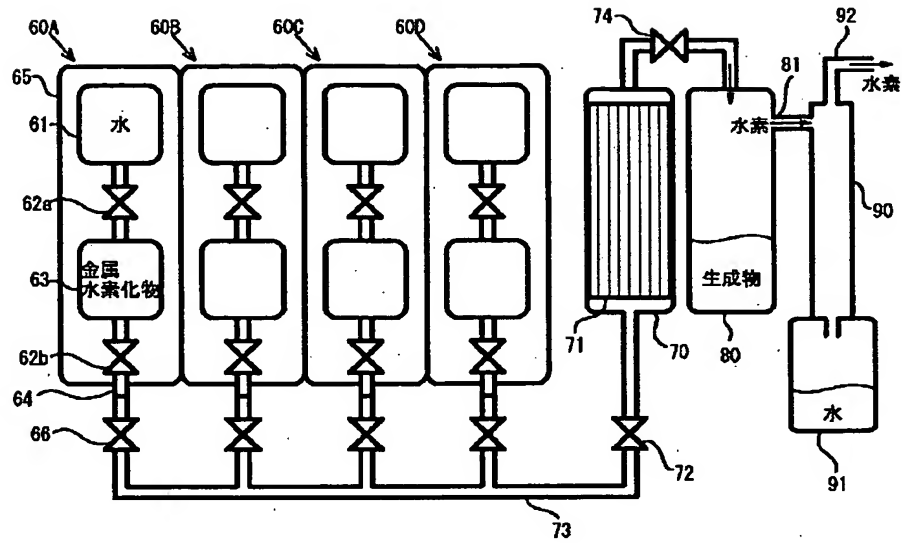
【図13】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H01M 8/06

識別記号

F I  
H01M 8/06

テーマコード (参考)  
R

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**